

УДК: 551.5:520.1

## СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОВЕДЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ

Д.В. БУЛГАКОВА<sup>1\*</sup>, Ю.А. ТИЛЛАЕВ<sup>2</sup>, А.В. СОЛОВЕЙЧИК<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, diana\_charme@mail.ru, alex.soloveychik@gmail.com

<sup>2</sup> Астрономический институт АН РУз, yusuf@astrin.uz

**Аннотация:** В статье исследован ряд метеорологических параметров, оказывающие влияние на проведение астрономических наблюдений на Майданакской астрономической обсерватории: количество ночного времени при ясной и малооблачной погоде в горной местности, скорость и направление ветра в приземном слое. По данным наземных наблюдений на метеорологических станциях Узгидромета проведен анализ динамики этих метеорологических параметров за многолетний период (1981-2020 гг.) и выполнено их сравнение с другими пунктами Узбекистана. Тенденции изменений временных рядов отношения ясной и малооблачной погоды в ночное время к общему количеству ночного времени исследованы с помощью непараметрического теста Манна-Кендалла.

**Ключевые слова:** метеорологические параметры, атмосфера, наблюдательная сеть, астрономические наблюдения, горные объекты, облачность, скорость ветра, Майданакская астрономическая обсерватория.

**Введение.** Повышение глобальной приземной температуры привело к изменению количества атмосферных осадков и влажности атмосферы, так как произошли изменения в атмосферной циркуляции, стал более активным гидрологический цикл, повысилась способность атмосферы удерживать воду [Climate ..., 2001].

Во второй половине XX столетия в средних и высоких широтах северного полушария частота возникновения явлений с очень сильными осадками возросла на 2-4% [IPCC, 2013].

Узбекистан – одна из стран, наиболее уязвимых к изменению климата. Темпы повышения температуры воздуха значительно превышают средние темпы, наблюдаемые в глобальном масштабе. С начала 1950-х годов средние темпы роста температуры воздуха на всей территории Узбекистана составляли 0,29°C за каждые десять лет, что в 2 раза превышает темпы глобального потепления [Национальный ..., 2013; Чуб, Спекторман, 2016].

Кроме того, Узбекистан оказался перед лицом одной из самых сложных проблем для региона Центральной Азии – экологической катастрофой Аральского моря. Это фактически одна из крупнейших экологических катастроф в новейшей истории [Третье ..., 2016; Новикова, 2019].

В начале 60-х годов XX века стало очевидным, что эффективность крупных телескопов зависит от качества атмосферы в месте установки телескопа. С этого времени во всем мире начались исследования астроклимата – совокупности погодных условий в данной местности, определяющих качество астрономических наблюдений (число ясных дней и ночей, прозрачность воздуха, его запыленность и однородность, яркость фона неба,

\* Ответственный автор: diana\_charme@mail.ru, тел: +99890 9928211

сила ветра, устойчивость оптических характеристик атмосферы, а также их сезонные вариации) [Ильясов, 2011].

Для астрономических наблюдений в первую очередь рассматривается количество ясного времени в данной местности, поскольку этот параметр астроклимата пропорционален количеству информации, обеспечиваемой наземным оптическим телескопом.

В статье [Тиллаев и др., 2020] был исследован период с 2007 года по 2020 год и отмечено, что значения отношения количества часов ясной и малооблачной (до 3-х баллов) погоды в ночное время суток к общему количеству ночного времени, а также повторяемости ветра (до 3-х м/с) при ясной или малооблачной (до 3-х баллов) погоде на метеорологических станциях Мингчукур, Куль, Чимган, Ойгаинг, Камчик практически не изменились за 14-летний период. Для более полной оценки и сравнения времени ясной и малооблачной погоды и повторяемости ветра, требуется анализ непрерывного ряда метеорологических данных по исследуемым пунктам продолжительностью не менее 30-40 лет.

В работе [Холматжанов и др., 2020] представлены многолетние средние месячные значенияочных часов с общей облачностью 2 и 3 баллов и менее на метеорологической станции Мингчукур, рассчитанные на основе рядов наблюдений за 1991-2017 гг.

Оценка динамики значений метеорологических параметров, способных оказывать влияние на астрономические исследования, на основе многолетних данных и выявление тенденций их изменения, являются показателями **актуальности** поставленной задачи.

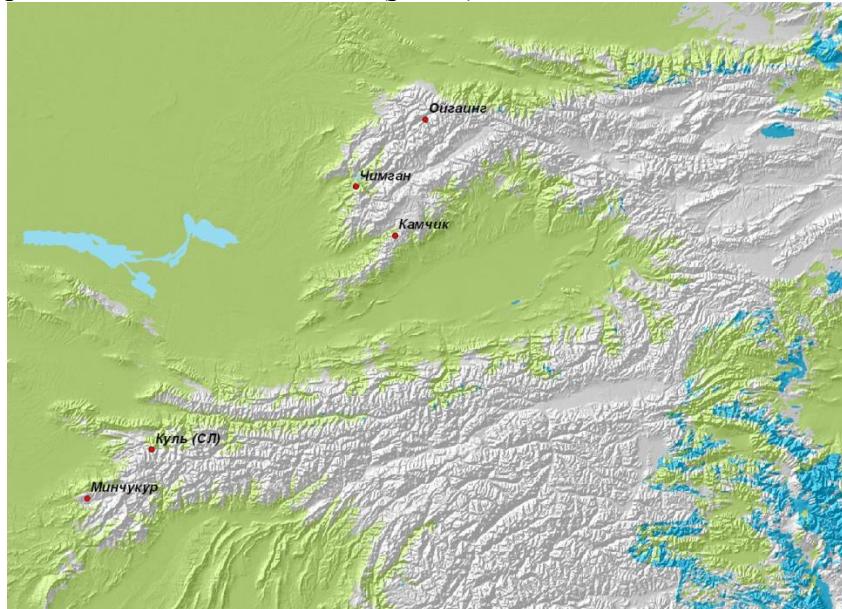
**Целью** исследования является изучение динамики некоторых метеорологических параметров на Майданакской астрономической обсерватории на основе многолетних данных (1981-2020 гг.), оценка динамики и сравнение количества часов ясной и малооблачной (до 3-х баллов) погоды в ночное время суток, а также повторяемости ветра (до 3-х м/с) при ясной или малооблачной (до 3-х баллов) погоде с данными метеорологических наблюдений на других высокогорных станциях наблюдательной сети Узгидромета.

**Объектом исследования** является время при ясной погоде (ВПП) ночью, которое рассчитывалось как доля (в %) времени с ясной и малооблачной (до 3-х баллов) погодой от общей продолжительности ночного времени и повторяемости ветров для исследуемых пунктов, **предметом исследования** – динамика исследуемых параметров в течение 40-летнего периода.

**Исходные данные и методы исследования.** Для оценки динамики количества ВПП в ночное время и повторяемости скоростей ветра, не превышающих 3 м/с при ясной и малооблачной погоде, для Майданакской астрономической обсерватории ( $38^{\circ}40'$  с.ш.  $66^{\circ}53'$  в.д.), в работе были использованы архивные данные наблюдений на метеорологической станции Мингчукур, расположенной на расстоянии 1,5 км на высоте 2650 м н.у.м. и для сравнения были выбраны архивные данные наблюдений следующих высокогорных метеорологических станций наблюдательной сети Узгидромета: Чимган – высота н.у.м. 1653 м ( $41^{\circ}29'$  с.ш.  $70^{\circ}01'$  в.д.), Ойгаинг – высота н.у.м. 2246 м ( $42^{\circ}10'$  с.ш.  $70^{\circ}52'$  в.д.), Камчик – высота н.у.м. 2156 м ( $41^{\circ}05'$  с.ш.  $70^{\circ}32'$  в.д.), Куль – высота н.у.м. 2890 м ( $39^{\circ}06'$  с.ш.  $67^{\circ}38'$  в.д.). Основными критериями выбранных метеорологических станций стали схожесть в физико-географическом положении и наличие архивных данных метеорологических наблюдений за исследуемый период.

Отметим, выбранные метеорологические станции (МС) являются высокогорными объектами, расположенными в западных отрогах Тянь-Шаньской (МС Чимган, МС Ойгаинг, МС Камчик) и Гиссаро-Алайской (МС Мингчукур, МС Куль) горных систем

на высотах более 1500 м над уровнем моря и располагают необходимым многолетним архивом метеорологических наблюдений (рис. 1).



**Рис. 1. Карта-схема географического расположения исследуемых метеорологических пунктов наблюдения**

**Fig. 1. Map-scheme of the geographical location of the studied meteorological observation points**

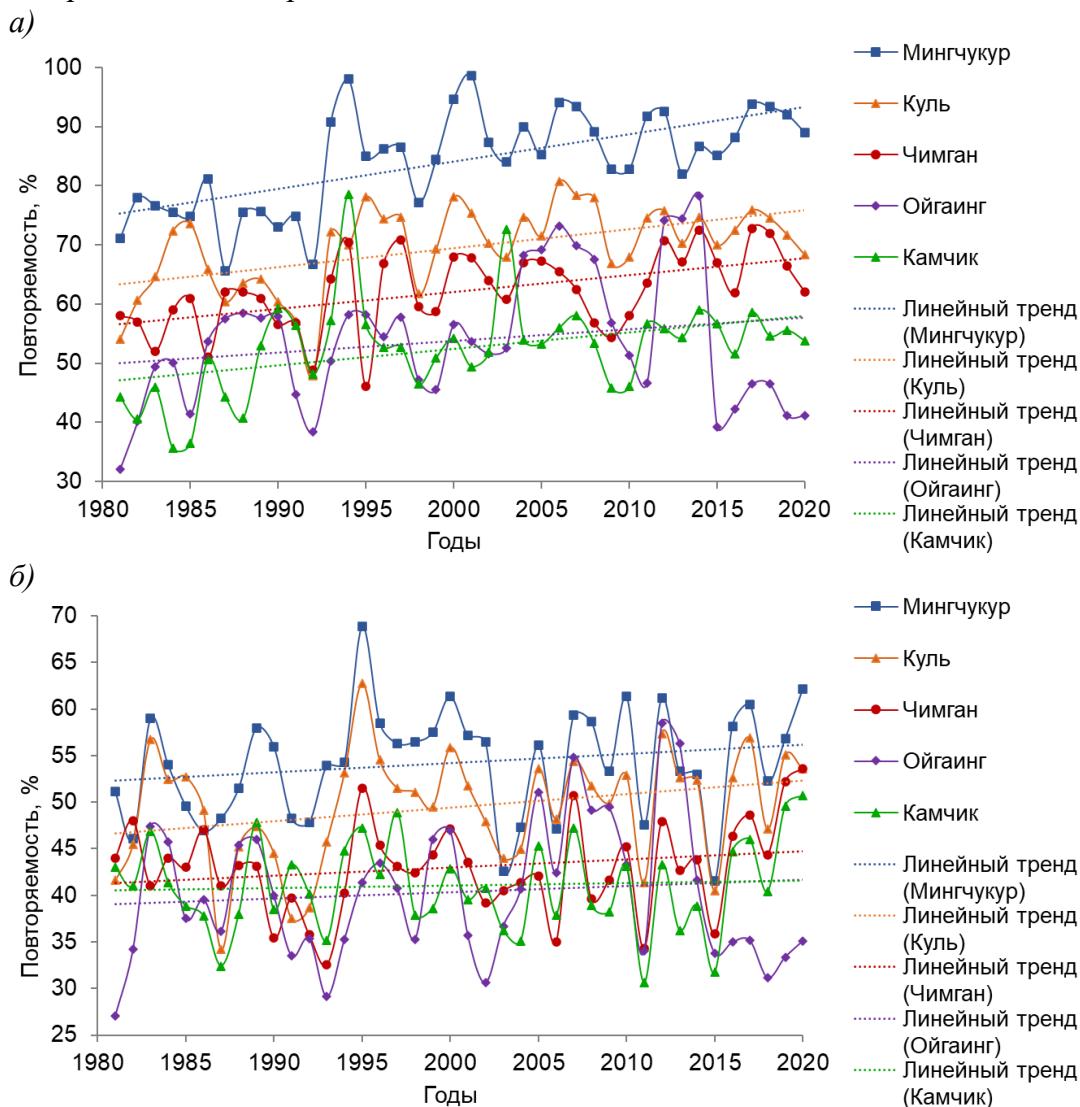
Согласно регламентам Всемирной метеорологической организации, наблюдения на метеорологических станциях производятся 8 раз в сутки [Всемирная ..., 2023]. Для проведения астрономических наблюдений, подсчета и сравнения ВПП выбраны архивные данные наземных наблюдений за состоянием атмосферы по пяти заявленным пунктам за 15, 18, 21 и 00 UTC сроки наблюдения, что соответствует 20, 23, 02 и 05 часам ташкентского времени.

Анализ архивных данных метеорологических наблюдений (количество ВПП и повторяемость скорости ветра до 3-х м/с при облачности, не превышающей 3 балла) за период с 1981 по 2020 года в ночное время, позволяет оценить динамику изменчивости параметров атмосферы, оказывающих влияние на астрономические наблюдения.

Методом исследования является статистическая оценка доли времени при ясной и малооблачной (до 3-х баллов) погоде, выраженная в процентах, и динамика повторяемости ветров, скорость которых не превышает 3 м/с.

**Основные результаты и их обсуждение.** Учитывая сезонные изменения продолжительности темного времени суток, пригодного для проведения астрономических наблюдений, для более точного подсчета ВПП, сроки наблюдений выбраны следующим образом: с января по март и с октября по декабрь - 4 срока наблюдения (20, 23, 02, 05 ч.), с апреля по май и с августа по сентябрь - 3 срока (20, 23, 02 ч.), с июня по июль - 2 срока (23, 02 ч.). Однако, учитывая сезонные метеорологические особенности местности, многолетние наблюдения для летних месяцев, количество ВПП было увеличено и рассчитано путем добавления дополнительно 2-х часов (1 час до срока наблюдения 23 ч. и 1 час после срока 02 ч.) для каждого суток, при условии соблюдения заявленных требований. Таким образом, количество ВПП в летние месяцы оценивалось из расчета с 22 ч. до 03 ч.

Тенденции повторяемости количества ВПП (в %) для теплого и холодного периодов года за 1981-2020 гг. по метеорологическим станциям Мингчукур, Куль, Чимган, Ойгаинг, Камчик представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Тенденции повторяемости условий ясного/малооблачного неба в ночное время (в %), (1981–2020 гг.)**

**а) тёплый период б) холодный период**

**Fig. 2. Tendencies in the frequency of clear/partly cloudy skies at night (in %), (1981–2020)**  
**a) warm period b) cold period**

Из рис. 2 видно, что в течение 40-летнего периода наилучшими по количеству ВПП в ночное время являются метеорологические станции Мингчукур (среднее количество ВПП 82-87% в теплый период и 52-57% в холодный период года) и Куль (68-73% и 47-52%), расположенные в южной части Узбекистана в западных отрогах Гиссаро-Алайской горной системы, а метеорологические станции Чимган (60-65% и 41-46%), Ойгаинг (52-57% и 38-43%), Камчик (51-56% и 39-44%), расположенные в западных отрогах Тянь-Шаньской горной системы, значительно уступают по количеству ВПП в ночное время в течение всего года. Однако, отношение количества ВПП к общему количеству ночных времени на

метеорологической станции Мингчукур превосходит значения на метеорологической станции Куль как в теплый, так и в холодный периоды года.

Для исследования тенденций во временных рядах количества ВПП в ночное время суток в теплый и холодный периоды года был использован статистический непараметрический тест Манна-Кендалла [Mann, 1945; Alimkulov et al., 2025; Махмудов и др., 2025]. Тестовая статистика  $Z_s$  используется как мера значимости тренда. Для количественной оценки величины (наклона) и значимости трендов во временных рядах был применен непараметрический метод Тейла-Сена [Sen, 1968; Theil, 1992; Махмудов и др., 2025].

Сводные результаты теста Манна-Кендалла и оценка наклона Сена для анализа количества ВПП в ночное время для летнего и зимнего периодов года представлены в табл. 1. Положительное значение  $Z_s$  указывает на тенденцию роста. Статистически значимая тенденция на уровнях значимости 0,1, 0,05 и 0,01 существует, когда  $|Z_s| > 1,64$ ,  $|Z_s| > 1,96$  и  $|Z_s| > 2,58$ , соответственно [Alimkulov et al., 2025].

Статистика  $Z_s$  теста Манна-Кендалла по данным сезонной изменчивости количества ВПП в ночное время за период 1981-2020 гг. показала возрастающую тенденцию в летний сезон года для всех горных метеорологических станций.

**Таблица 1**  
**Значения Z теста Манна-Кендалла для количества ВПП в ночное время для теплого и холодного периодов года (1981-2020гг.)**

**Table 1**  
**Mann-Kendall Z test values for the amount of TWCS at night for warm and cold periods of the year (1981-2020)**

	Мингчукур		Куль		Чимган		Ойгаинг		Камчик	
	Zs	наклон Сена	Zs	наклон Сена	Zs	наклон Сена	Zs	наклон Сена	Zs	наклон Сена
Теплый период года	3,81***	0,432	2,84**	0,281	3,05**	0,292	0,94	0,159	3,05**	0,265
Холодный период года	1,61	0,149	1,76+	0,146	1,08	0,074	0,15	0,027	0,41	0,027

**Примечание:** Проверенные уровни значимости: \*\*\* для  $p < 0,001$ , \*\* для  $p < 0,01$ , \* для  $p < 0,05$ , + для  $p \geq 0,1$ .

**Note:** Tested significance levels: \*\*\* for  $p < 0.001$ , \*\* for  $p < 0.01$ , \* for  $p < 0.05$ , + for  $p \geq 0.1$ .

В представленной табл. 1 приведены результаты статистического анализа для метеорологических станций Мингчукур, Куль, Чимган, Ойгаинг и Камчик. В тёплый период года на всех метеостанциях, кроме Ойгаинга, наблюдается достоверный (положительный) тренд, наиболее выраженный в Мингчукуре.

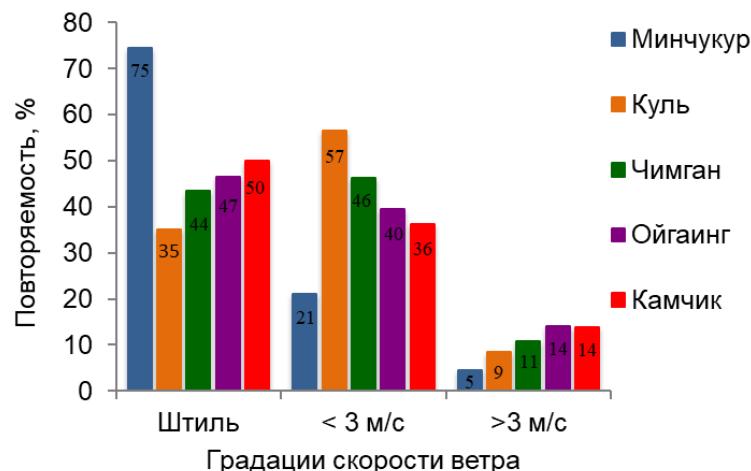
В холодный период только для метеостанции Куль отмечается слабая значимость положительного наклона, тогда как остальные коэффициенты статистически неотличимы от нуля.

Одним из определяющих метеорологических параметров, оказывающих влияние на астрономические наблюдения, является скорость ветра, от которой зависит качество изображения.

Анализ, проведенный в работе [Ильясов, 2011] показал, что при малых скоростях ветра (до 3-х м/с) качество изображения не зависит от его скорости. Лишь при полном отсутствии ветра наблюдается некоторое незначительное ухудшение качества

изображения. При значениях скорости ветра превышающих 3м/с, наблюдается ухудшение качества изображения.

В данном исследовании проведена оценка повторяемости ветров по следующим градациям скорости: штиль (0 м/с), <3 м/с и >3 м/с для исследуемых метеорологических станций в течение теплого и холодного сезонов года за период с 1981 по 2020 годы (рис.3).

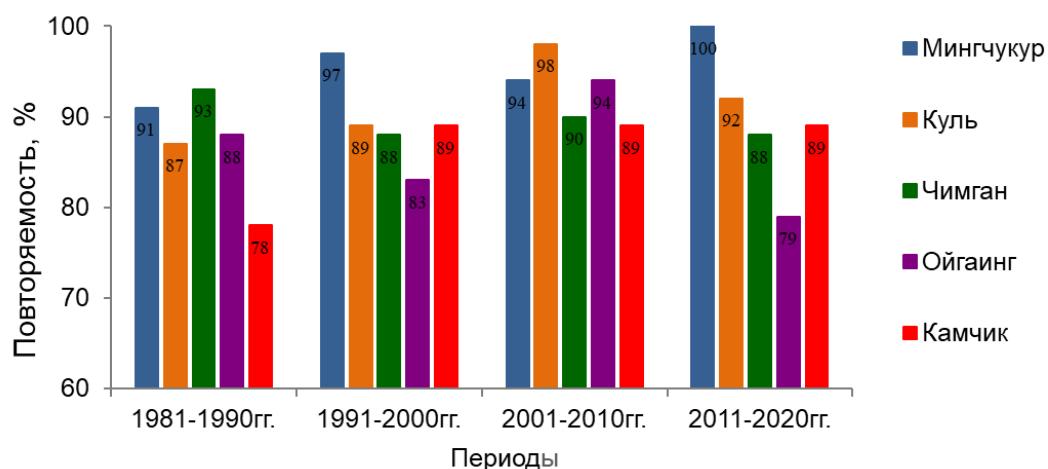


**Рис. 3. Повторяемость (в %) значений скорости ветра при ясной/малооблачной погоде**

**Fig. 3. Repeatability (in %) of wind speed values in clear/partly cloudy weather**

Данные рис.3 показывают, что наибольшая повторяемость значений скорости ветра при ясной и малооблачной (не более 3-х баллов) погоде приходится на штиль и скорость ветра до 3-х м/с в теплый и холодный периоды года в течение периода с 1981 по 2020 гг.

Проведен анализ динамики повторяемости скорости ветра (штиля и до 3-х м/с) в разрезе десятилетий (рис. 4).



**Рис. 4. Повторяемость (в %) случаев штиля и скорости ветра до 3-х м/с при ясной/малооблачной погоде**

**Fig. 4. Frequency (in %) of winds up to 3 m/s in clear/partly cloudy weather**

Данные рис. 4 свидетельствуют об изменчивости повторяемости случаев значений скорости ветра в ясную и малооблачную погоду в разрезе десятилетий исследуемого периода. Так, например, на метеорологической станции Мингчукур процентное отношение повторяемости случаев штиля и скорости ветра до 3-х м/с к общему количеству случаев при ясной и малооблачной (не более 3-х баллов) погоде возрастает с 1981-1990 годов, когда повторяемость составила 91% до 100% в период 2011-2020 годов. На остальных исследуемых метеорологических станциях повторяемость случаев штиля и скоростей ветра до 3-х м/с имеет колебательный характер в течение всего периода 1981-2020 годов.

**Выводы.** По данным метеостанций Мингчукур, Куль, Чимган, Ойгаинг и Камчик выявлено наибольшее количество ночного времени при ясной и малооблачной (до 3-х баллов) погоде, пригодного для проведения астрономических наблюдений на Майданакской астрономической обсерватории. Среднее количество ВПП на метеорологической станции Мингчукур составляет в теплый период 82-87% и в холодный период 52-57% от общего количества ночного времени.

Выявлено, что в тёплый период года на всех метеостанциях, кроме Ойгаинга, наблюдается достоверный (положительный) тренд ВПП, наиболее выраженный в Мингчукуре.

В холодный период только для метеостанции Куль имеется слабая значимость положительного наклона, тогда как остальные коэффициенты статистически неотличимы от нуля.

На метеорологических станциях Чимган, Камчик, Ойгаинг явных тенденций к увеличению или уменьшению повторяемости значений скорости ветра при ясном небе и облачности, не превышающей 3 балла в исследуемых градациях, не отмечается, тенденция скорее имеет «волнообразный» характер изменения.

Западная часть Гиссаро-Алайской горной системы и расположенные на ней высокогорная астрономическая обсерватория Майданак и метеорологические станции Мингчукур и Куль являются наиболее благоприятными по количеству ВПП в ночное время в течение исследуемого 40-летнего периода и в теплый, и в холодный периоды года.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках проекта прикладных исследований № ФА-Атех-2018-392 по теме: «Исследование астроклимата горы Майданак с целью оптимизации программ наблюдений для 4-х метрового адаптивного телескопа».

**Вклад авторов.** Д.В. Булгакова: сбор и обработка данных, систематизация материала, написание текста. Ю.А. Тиллаев: обоснование актуальности исследования, постановка задачи, общее руководство. А.В. Соловейчик: обработка данных, расчеты, анализ результатов, написание текста. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

## ЛИТЕРАТУРА

Всемирная метеорологическая организация. Интегрированная глобальная система наблюдения (ИГСН) / ВМО № 1160. – Женева: ВМО, 2023. – 161 с.

Ильясов С.П. Комплексное исследование астроклимата Майданакской обсерватории. Автореф. дисс. на соис. уч. степ. докт. физ.-мат. наук. – Ташкент: 2011. – 37 с.

Махмудов И.М., Бегматов С.У., Сафаров Ф.Б., Абанников В.Н., Бабушкин О.Л., Усманова З.С., Холматжанов Б.М. Термодинамические характеристики атмосферной засухи и циркуляционные условия ее формирования на юге Узбекистана // Гидрометеорология и экология, 2025. № 80. – С. 430-451. doi: 10.33933/2713-3001-2025-80-430-451.

Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан (2008-2011 гг.) / Под ред. Н.М.Умарова; Государственный комитет Республики Узбекистан по охране природы. – Ташкент: Chinor ENK, 2013. – 260 с.

*Новикова Н.М.* Эколого-географический аспект Аральского кризиса. Ч. 1. Развитие Аральской проблемы, её изучение, оценка и разработка мероприятий // Экосистемы: экология и динамика, 2019. – Т. 3. № 1. – С. 5-66.

*Тиллаев Ю., Соловейчик А., Булгакова Д., Семакова Э.* Оценка вертикального профиля некоторых метеорологических параметров над Майданакской астрономической обсерваторией // Узбекский физический журнал, 2020. – 22(5) – С. 264–274. <https://doi.org/10.52304/v22i5.190>

Третье национальное сообщение Республики Узбекистан по РКИК ООН. – Ташкент, 2016. – 220 с.

*Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Тиллаев Ю.А., Ражабов Ё.И.* Режим облачности в районе астрономической обсерватории Майданак и влияющие на него региональные циркуляционные факторы // Известия географического общества Узбекистана, 2020. – Т. 57. – С. 218-225.

*Чуб В.Е., Спекторман Т.Ю.* Климатические тренды по территории Узбекистана // Изменение климата, причины, последствия и меры реагирования. – Ташкент, 2016. Бюл. 10. – С. 5-16.

*Alimkulov S., Makhmudova L., Talipova E. et al.* Assessment of the impacts of climate change on drought intensity and frequency using SPI and SPEI in the Southern Pre-Balkash region, Kazakhstan // Watershed Ecology and the Environment. 2025. – Vol. 7. – P. 11-22. doi.org/10.1016/j.wsee.2024.12.001.

Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Edited by J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson. // Cambridge: University Press, 2001. – 881 p.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, NY, USA, 1535 p. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_all\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf)

*Mann H. B.* Nonparametric tests against trend // Econometrica. 1945. –Vol. 13. No. 3. – PP. 245-259. doi.org/10.2307/1907187.

*Sen P. K.* Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. // Journal of the American Statistical Association. 1968. Vol. 63. – P.1379-1389.

*Theil H.* A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. In: Henri Theil's Contributions to Economics and Econometrics. Berlin: Springer. 1992. – P. 345-381.

## ЎЗБЕКИСТОНДА АСТРОНОМИК КУЗАТИШЛАРНИ ОЛИБ БОРИШГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ МЕТЕОРОЛОГИК ПАРАМЕТРЛАРНИНГ ЗАМОНАВИЙ ТАҲЛИЛИ

Д.В. БУЛГАКОВА<sup>1</sup>, Ю.А. ТИЛЛАЕВ<sup>2</sup>, А.В. СОЛОВЕЙЧИК<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, diana\_charme@mail.ru, alex.soloveychik@gmail.com

<sup>2</sup> ЎзР ФА Астрономия институти, yusuf@astrin.uz

**Аннотация:** Мақолада Майданак астрономия обсерваториясида астрономик кузатишларни ўтказишга таъсир кўрсатадиган бир қатор метеорологик параметрлар: тоғли ҳудудда очиқ ва кам булутли тунги вақт, ер усти қатламидаги шамол тезлиги ва йўналиши ўрганилган. Ўзгиromет метеорология станцияларида ўтказилган метеорологик кузатув маълумотлари асосида метеорологик параметрларнинг узоқ муддатли (1981-2020 йй.) динамикаси таҳлил қилинган ва бу кўрсаткичлар Ўзбекистоннинг бошқа пунктлари билан солиштирилган. Тунги вақтда очиқ ва кам булутли вақтнинг умумий тун давомийлигига нисбати бўйича вақт қаторларининг ўзгаришии тенденциялари Манн-Кендалл нонараметрик тести асосида аниqlанган.

**Калит сўзлар:** метеорологик параметрлар, атмосфера, кузатув тармоғи, астрономик кузатувлар, тоз объектлари, булутлилик, шамол тезлиги, Майданак астрономия обсерваторияси.

## MODERN ANALYSIS OF METEOROLOGICAL PARAMETERS AFFECTING ASTRONOMICAL OBSERVATIONS IN UZBEKISTAN

**D.V. BULGAKOVA<sup>1\*</sup>, Yu.A. TILLAEV<sup>2</sup>, A.V. SOLOVEYCHIK<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Hydrometeorological Research Institute, diana\_charme@mail.ru, alex.soloveychik@gmail.com

<sup>2</sup> Astronomical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, yusuf@astrin.uz

**Abstract:** This article examines several meteorological parameters that influence astronomical observations at Maidanak astronomical observatory: the amount of nighttime with clear and partly cloudy weather in mountainous areas, and the speed and direction of wind in the surface layer. Based on ground-based observations at Uzhydromet meteorological stations, an analysis of the dynamics of meteorological parameters over a long period (1981-2020) was conducted and a comparison of these values with other locations in Uzbekistan. Trends in time series changes in the ratio of clear and partly cloudy weather at night to the total amount of nighttime were examined using the statistical nonparametric Mann-Kendall test.

**Keywords:** meteorological parameters, atmosphere, observation network, astronomical observations, mountain objects, cloudiness, wind speed, Maydanak astronomical observatory.

### REFERENCES

Chub V.E., Spekторman T.Yu. Klimaticheskie trendi po territorii Uzbekistana [Climatic Trends in the Territory of Uzbekistan] // Izmenenie klimata, prichiny, posledstviya i mery reagirovaniya. – Tashkent, 2016. Byul. 10. – S 5-16. (in Russian)

Ilyasov S.P. Kompleksnoe issledovaniye astroklimata Maidanakskoy observatorii. [Comprehensive study of the astroclimate of the Maidanak Observatory]. Avtoreferat diss. na sois. uch. step. dokt. fiz.-mat. nauk. – Tashkent, 2011. – 37 s. (in Russian)

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Tillaev Yu.A., Razhabov E.I. Rejim oblachnosti v rayone astronomiceskoy observatorii Maydanak i vliyayuschie na nego regionalnie tsirkulyatsionnie faktori. [Cloudiness regime in the area of the Maidanak astronomical observatory and regional circulation factors influencing it] // Izvestiya geograficheskogo obschestva Uzbekistana, 2020. – T. 57. – S. 218-225. (in Russian)

Makhmudov I.M., Begmatov S.U., Safarov F.B., Abannikov V.N., Babushkin O.L., Usmanova Z.S., Kholmatzhanov B.M. Termodinamicheskiye kharakteristiki atmosfernoy zasuhi i tsirkulyatsionnie protsessi yevo formirovaniya na yuge Uzbekistana [Thermodynamic characteristics of atmospheric drought and circulation conditions of its formation in the south of Uzbekistan] // Gidrometeorologiya i ekologiya, 2025. No. 80. – S. 430-451. doi: 10.33933/2713-3001-2025-80-430-451. (in Russian)

Natsionalniy doklad o sostoyanii okrujayuschej sredi i ispolzovanii prirodnyx resursov Respublikи Uzbekistan (2008-2011) [National Report on the state of the Environment and use of natural resources in the Republic of Uzbekistan (2008-2011)] / Pod red. N. M. Umarova. Gosudarstvennyy komitet Respublikи Uzbekistan po okhrane prirody. – Tashkent: Chinor ENK, 2013. – 260 s. (in Russian)

Novikova N.M. Ecologo-geograficheskiy aspekt Aralskogo krizisa. Chast 1. Razvitie Aralskoy problemi, eyo izuchenie, otsenka i razrabotka meropriyatij [Ecological-Geographical aspect of the Aral Crisis. Part 1. Development of the Aral Problem, Its Study, Assessment and Development of Measures] // Ekosistemy: ekologiya i dinamika, 2019. – T. 3. No. 1. – S. 5-66. (in Russian)

Tillaev Yu., Soloveychik A., Bulgakova D., Semakova E. Otsenka vertikalnogo profilya nekotorix meteorologicheskix parametrov nad Maydanakskoy astronomiceskoy observatoriej [Assessment of the vertical profile of some meteorological parameters over the Maidanak Astronomical Observatory] //

Uzbekskiy fizicheskiy zhurnal, 2020. – 22(5). – S.264–274. <https://doi.org/10.52304/.v22i5.190>  
(in Russian)

Tretye natsionalnoe soobschenie ob izmenenii klimata Respubliki Uzbekistan po RKIK OON [Third National Communication of the Republic of Uzbekistan to the UN FCCC]. – Tashkent, 2016. – 220 s. (in Russian)

Vsemirnaya meteorologicheskaya organizaciya. Integrirovannaya globalnaya sistema nablyudeniya (IGSN) [World Meteorological Organization. Integrated Global Observing System (WIGOS)] No. 1160. / Geneva: WMO, 2023. – 161 s. (in Russian)

